

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-015038

(43)Date of publication of application : 17.01.1995

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 05-149021

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 21.06.1993

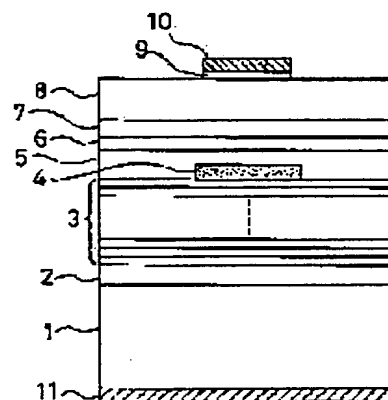
(72)Inventor : IDEI YASUO  
NISHITANI KATSUHIKO

## (54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To realize high luminance of a semiconductor light emitting element, by constituting a current diffusion layer of N-type InGaA P whose band gap energy is larger than that of a light emitting layer.

**CONSTITUTION:** A buffer layer 2, a light reflecting layer 3, and a current blocking layer 4 are formed on a substrate 1. Further the following are grown in order; a double hetero structure, a clad layer 5 of P-type  $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ , an active layer 6 of undoped  $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.55}\text{Al}_{0.45})_{0.5}\text{P}$ , and a clad layer 7 of N-type  $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ . A current diffusion layer 8 of N-type  $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$  is laminated, where the band gap energy is set larger than the active layer 6. As to the correlation between the thickness of the current diffusion layer 8 and the luminous efficiency, it becomes higher as the thickness becomes larger, and a stable value is obtained when the thickness is  $4\mu\text{m}$  or larger.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 25.06.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-15038

(43) 公開日 平成7年(1995)1月17日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B 7376-4M

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-149021

(22) 出願日 平成5年(1993)6月21日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 出井 康夫

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会

社東芝堀川町工場内

(72) 発明者 西谷 克彦

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会

社東芝堀川町工場内

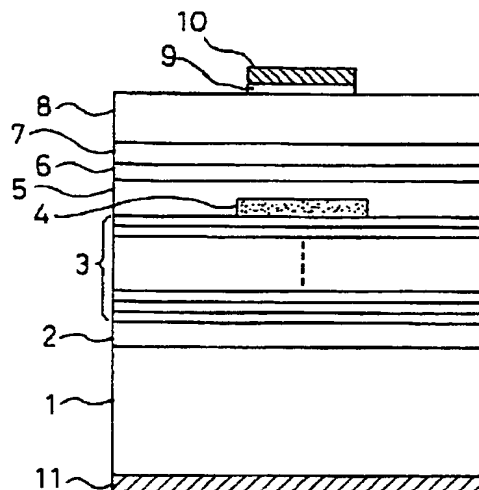
(74) 代理人 弁理士 三好 秀和 (外3名)

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 高度の高輝度化を実現した半導体発光素子を提供することである。

【構成】 半導体基板上にダブルヘテロ接合、シングルヘテロ接合またはホモ接合で構成された InGaAlP を発光層 6 とする接合層と、前記接合層上に形成された電流フロー調整用の電流拡散層と、前記半導体基板の裏面に形成された第1の電極と、前記電流拡散層上に形成された第2の電極とを備えた半導体発光素子において、前記電流拡散層は、前記発光層よりもバンドギャップエネルギーの大きい n 型 InGaAlP で構成したものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上にダブルヘテロ接合、シングルヘテロ接合またはホモ接合で構成されInGaAlPを発光層とする接合層と、前記接合層上に形成された電流フロー調整用の電流拡散層と、前記半導体基板の裏面に形成された第1の電極と、前記電流拡散層上に形成された第2の電極とを備えた半導体発光素子において、前記電流拡散層は、前記発光層よりもバンドギャップエネルギーの大きいn型InGaAlPで構成したことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 半導体基板上にダブルヘテロ接合、シングルヘテロ接合またはホモ接合で構成されたInGaAlPを発光層とする接合層と、前記接合層上に形成された電流フロー調整用の電流拡散層と、前記半導体基板の裏面に形成された第1の電極と、前記電流拡散層上に形成された第2の電極と、前記第2の電極の形状に対応して該第2の電極下に形成された電流阻止用の電流ブロックとを備えた半導体発光素子において、前記電流ブロック層は、前記活性層で発光する光に対して反射構造となるように構成したことを特徴とする半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えば自動車のストップランプ、道路の情報版、信号機や広告看板等の屋外表示機器等の表示用光源に使用される半導体発光素子に関し、特にInGaAlP系材料を使用した半導体発光素子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】InGaAlP系材料からなる半導体発光素子は、発光波長が550nm～690nmの範囲で直接遷移形の発光を行うため、高い発光効率を得ることができる。さらに、素子内部の光吸収をより減らすことにより、一層発光効率の高い発光素子が得られる。

【0003】従来、この種に関する半導体発光素子としては、例えば図4に示すものがあった。

【0004】図4は、従来の緑色LEDチップの一構成例を示す断面図である。

【0005】このLEDチップの結晶成長は、有機金属気相成長法(MO-CVD)で行われる。同図において、n-GaAs(100)方位から[011]方向の15°オフアングル基板101上には、n-GaAsバッファ層102を介してブラッグ反射層103が形成されている。ブラッグ反射層103は、屈折率が異なるn-GaAs層とn-InAlP層とが交互に20対積層された多層構造から成る。

【0006】ブラッグ反射層103上には、クラッド層104、活性層105及びクラッド層106から成るダブルヘテロ構造のInGaAlP層が形成されている。活性層105は、発光層としてアンドープのIn

As, (Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)<sub>0.5</sub>で構成され、両クラッド層104、106は、活性層105の発光波長に対して透明なn-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)<sub>0.5</sub>、P及びp-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)<sub>0.5</sub>、Pでそれぞれ構成されている。

【0007】さらに、クラッド層106上には、電流ブロック層107及び電流拡散層108が形成されている。そして、この電流拡散層108上には、p-GaAsコンタクト層109を介してp型電極110が、また、基板101の裏面全面にはn型電極111が形成されている。

【0008】ここで、電流ブロック層107はn-GaAsで構成され、図4に示すようにp型電極110の横幅に対応してその直下に形成されている。すなわち、クラッド層106上にn-GaAs層の形成後、P形電極110の面積に対応した大きさを該n-GaAs層を選択エッチングして電流ブロック層107を形成している。また、電流拡散層108は、p-Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asで構成され、p型電極110からの電流フローを改善し、光取出し効率を高めるために設けられる。このようにInGaAlP系材料を使用した上記の緑色LEDチップは、573nmの緑色領域で0.7%の発光効率を得ると共に、光度で1.5cd(製品の半値角8°)となり、GaP系材料を用いる従前の緑色LEDチップに対して2倍以上の高輝度化が達成されている。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記構成の従来のLEDチップでは、次のような問題があった。

【0010】(1)図5は、InGaAlPの四元混晶材料を発光層に用いた場合における発光波長に対するGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>As電流拡散層の光透過率を示す図である。なお、電流拡散層は、2×10<sup>19</sup>cm<sup>-3</sup>で、その膜厚は7μmとする。

【0011】上記従来のLEDチップでは、光取出し効率を高めるため、p型Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>As層を電流拡散層として用いている。電流拡散層のAl混晶比yを例えば0.7から上記従来例のように0.8に設定した場合、図5に示すように570nmの発光波長に対し、透過率は65%から83%に改善される。しかし、この点についてはまだ20%近い光吸収があり、さらに改善の余地があるばかりか、さらに純粋な緑色発光を得るため、より短波長化を図ろうとすると、さらに光吸収が大きくなって光透過率が急激に低下する。そのため、LEDチップ外部への光取出し効率が低下するという問題があった。

【0012】また、上記のようにAl混晶比yを上げることで光透過率自体は改善されるものの、その一方で比抵抗が急激に増加して電流フローがかえって悪化することになる。従って、上記構成の従来のLEDチップ

3

のようにp型Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>As層を電流拡散層として用いた場合は比抵抗が0.5Ω・cm前後となり、電極端から30μm程度離れた位置での光強度は1/2に低下し、LED全面でのより均一な発光ができないという問題があった。

【0013】(2) 活性層105で発光した光の一部やブラッグ反射層103で反射した光の一部が、電流ブロック層107で吸収され、十分な光取出し効率を得られないという問題もあった。

【0014】以上の点から従来構造のLEDチップでは、より一層の高輝度化が困難な状況となっていた。

【0015】本発明は、上述の如き従来の問題点を解決するためになされたもので、その目的は、高度の高輝度化を実現した半導体発光素子を提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、第1の発明の特徴は、半導体基板上にダブルヘテロ接合、シングルヘテロ接合またはホモ接合で構成されInGaAlPを発光層とする接合層と、前記接合層上に形成された電流フロー調整用の電流拡散層と、前記半導体基板の裏面に形成された第1の電極と、前記電流拡散層上に形成された第2の電極とを備えた半導体発光素子において、前記電流拡散層は、前記発光層よりもバンドギャップエネルギーの大きいn型InGaAlPで構成したものである。

【0017】第2の発明は、半導体基板上にダブルヘテロ接合、シングルヘテロ接合またはホモ接合で構成されたInGaAlPを発光層とする接合層と、前記接合層上に形成された電流フロー調整用の電流拡散層と、前記半導体基板の裏面に形成された第1の電極と、前記電流拡散層上に形成された第2の電極と、前記第2の電極の形状に対応して該第2の電極下に形成された電流阻止用の電流ブロックとを備えた半導体発光素子において、前記電流ブロック層は、前記活性層で発光する光に対して反射構造となるように構成したことにある。

【0018】

【作用】上述の如き構成によれば、第1の発明は、例えば580nm以下の短波長領域において、光吸収が少なくなり、しかも比抵抗が低下するので、外部への光り取出し効率が向上すると共に、素子全面でのより均一な発光が実現される。

【0019】第2の発明では、電流ブロック層が活性層で発光される光を反射する。すなわち、従来の電流ブロック層で吸収されていた光が反射されるようになり、光取出し効率が向上する。

【0020】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基いて説明する。図1は、本発明の第1実施例に係る半導体発光素子(緑色LED)のチップ断面図である。

【0021】図1において、p-GaAs(100)方

4

位から15°[011]方向に傾斜した基板1上に、MOCVD法により以下の各層が形成されている。

【0022】MOCVD法は、気相成長法の1つで有機金属化合物の熱分解を利用するものであり、III-V族化合物の場合、III族(Al, Ga, In)の有機金属とV族(P, As)の水素化合物を高温で反応させて、多種類の化合物とその混晶を得るものである。このMOCVD法によると均一な薄膜を得ることができる。

【0023】本実施例では、上記MOCVD法において、ソース源としては、III族元素に関してトリメチルインジウム(TMI)、トリメチルガリウム(TM<sub>G</sub>)、及びトリメチルアルミニウム(TMA)を用い、V族元素に関して、フォスフィン(PH<sub>3</sub>)及びアールシン(AsH<sub>3</sub>)を用いる。さらに、ドーパント(添加物)としては、ジメチル亜鉛(DMZ)及びシラン(SiH<sub>4</sub>)をそれぞれp型及びn型に用いる。反応系はH<sub>2</sub>をキャリアガスとして、減圧下の一定温度に加熱された基板1上に各層のソース源及びドーパントを供給して成長させる。即ち、反応室に設置した基板1を減圧(30~100 Torr)下で800℃に保持した後、多量のH<sub>2</sub>ガスを上記ソース源及びドーパントを適当な割合で反応室へ流入させ、化学的に反応させることにより、基板上へ各層を堆積させる。

【0024】このMOCVD法により、初めに、p-GaAs基板1上にp-GaAsバッファ層2(5×10<sup>17</sup>cm<sup>-3</sup>、0.5μm)を堆積した後、次にp-GaAsとp-In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Pとを交互に計20対積層して光反射層3を成長させる。この光反射層3は、光を効率的に反射させるため発光波長の約1/2(約86nm)の積層周期で形成される(Znドーブ、5×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>)。

【0025】次に電流ブロック層4となるn-In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P層(Siドーブ、5×10<sup>17</sup>cm<sup>-3</sup>、0.2μm)を成長させ、その後、反応室より基板1を取り出し、後に形成されるn側電極10の形状に合わせて(電極の面積と同じか、それより以上の面積となるようにする)、つまりn側電極10直下のみ残すようにして、通常のフォトリソ法によるレジスト膜をマスクにして不要な領域のn-InAlP層をエッチングして除去する。

【0026】さらに再度、MOCVD法により、ダブルヘテロ構造、即ちp-In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P層(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P層、Pのクラッド層5(Znドーブ、4×10<sup>17</sup>cm<sup>-3</sup>、0.6μm)、アンドープのIn<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P層、Pの活性層6(Znドーブ、4×10<sup>17</sup>cm<sup>-3</sup>、0.6μm)、n-In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P層(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P層、Pのクラッド層7(Siドーブ、5×10<sup>17</sup>cm<sup>-3</sup>、0.6μm)を順次成長させる。このダブルヘテロ接合構造を成すクラッド層5、活性層6及びクラッド層7は、その各屈折率が小-大-小となり、中央の活性

50

層6に光とキャリアを閉じ込める構造となる。上記の組成により、活性層6と両クラッド層5、7とのバンドギャップエネルギーの差は0.1 eVとなり、キャリア閉じ込め効果は十分となる。

【0027】次いで、電流フローを改善させるため、 $n\text{-In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.7})_{0.5}$  Pの電流拡散層8 (Siドープ、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、 $5 \mu\text{m}$ )を積層する。ここで、この電流拡散層8は、活性層6よりバンドギャップエネルギーを大きく設定する。これにより、電流拡散層8が透明度の大きな膜となる。この電流拡散層8の膜厚と発光効率の相関では、 $1 \mu\text{m}$ で0.5%、 $2 \mu\text{m}$ で1%であり、厚くなるほど高効率となるが、 $4 \mu\text{m}$ 以上では1.5%前後で安定した値が得られる。

【0028】その後、オーミック電極の形成を容易にするため、 $n\text{-GaAs}$ のコンタクト層9 (Siドープ、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、 $0.1 \mu\text{m}$ )を形成し、 $n$ 側電極10としてAu-Ge合金を、 $p$ 側電極11としてAu-Be合金をそれぞれ $0.5 \mu\text{m}$ 真空蒸着し、 $480^\circ\text{C}$ の温度で10分間、 $\text{Ar}$ 雰囲気中で熱処理してオーミックコンタクトを得る。

【0029】さらに、純金電極を約 $1 \mu\text{m}$ 厚さで $n$ 側表面に真空蒸着した後、通常のフォトリソ法を用いて $n$ 側電極10を形成し、さらにコンタクト層9の $n$ 電極10下部以外の領域について、光吸収の原因となるためエッチングで除去する。その後、ブレードダイシング法により素子毎にダイシングすることにより図1に示すような $0.3 \text{ mm}$ 角程度の緑色LEDを得る。

【0030】上記実施例では、電流拡散層として $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.7})_{0.5}$  Pを用いたので、図2に示すように、従来の $\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{As}$ を用いるよりも、電流拡散層の光透過率が明らかに向上している。これにより、 $570 \text{ nm}$ の発光波長で1.5%の発光効率(従来では0.7%)が得られると共に、光度で $3 \text{ cd}$ (製品の半値角 $8^\circ$ )が得られ、従来の構造に比べ、2倍前後の高輝度化がなされる。すなわち、 $560 \text{ nm}$ 前後の純緑色発光領域でも光吸収がなく、比抵抗が $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ 程度と従来に比較して約1/5に低下できるので、LEDチップの全面でより均一の発光が実現できる。

【0031】なお、上記実施例では、 $n\text{-InGaAlP}$ 層として、クラッド7と電流拡散層8の2層構造としたが、その膜厚、キャリア濃度、Al組成については光吸収の無視できる範囲で任意で選ぶことが可能である。また、ダブルヘテロ接合に限らず、シングルヘテロ接合やホモ接合であっても本発明の適用は可能である。さらに、黄色LEDにおいても、上記実施例と同等の構造で、4.0% ( $590 \text{ nm}$ )となり、従来(3.0%)の1.3倍の高輝度化が達成される。

【0032】図3は、本発明の第2実施例に係る半導体発光素子(緑色LED)のチップ断面図である。

【0033】このMOCVD法により、 $n\text{-GaAs}$ 基板21上に、 $n\text{-GaAs}$ バッファ層22と、 $n\text{-InAlP}/n\text{-GaAs}$ の交互積層から成る光反射層23と、 $n\text{-In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{0.5}$  Pのクラッド層24と、アンドープの $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-y}\text{Al}_y)_{0.5}$  Pの活性層25と、 $p\text{-In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-z}\text{Al}_z)_{0.5}$  Pのクラッド層26と、電流ブロック層27用の $n\text{-InAlP}/n\text{-GaAs}$ の交互積層とを順次積層させる。なお、 $\text{InGaAlP}$ のダブルヘテロ接合層を構成する活性層25と両クラッド層24、26のAl組成 $x$ 、 $y$ 、 $z$ は、高い組成が得られるように、 $y \leq x$ 、 $y \leq z$ となっている。

【0034】その後、反応室より基板21を取り出し、後に形成される $p$ 側電極30の形状に合わせて(電極の面積と同じか、それより以上の面積となるようにする)、電流ブロック層27用の交互積層を選択エッチングして電流ブロック層27を形成する。

【0035】そして、再度、MOCVD法により、 $p\text{-Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$ の電流拡散層28及び $p\text{-GaAs}$ のコンタクト層29を順次積層する。ここで、 $\text{GaAlAs}$ の電流拡散層28のAl組成 $x$ 1は活性層の発光波長に対して十分窓効果が得られるように設定されている。続いて、コンタクト層29側に $p$ 側電極材を、基板21の裏面側に $n$ 側電極材をそれぞれ蒸着し、写真しょく刻法により $p$ 側電極30及び $n$ 型電極31を形成する。以上により、図3に示す素子構造が得られる。

【0036】以上のように本実施例では、電流ブロック層を $n\text{-InAlP}/n\text{-GaAs}$ の交互積層で構成したので、従来の電流ブロック層で吸収されていた光が反射されるようになり、光取出し効率が向上する。

【0037】

【発明の効果】以上に説明したように、第1の発明によれば、電流拡散層として、発光層よりもバンドギャップエネルギーの大きい $n$ 型 $\text{InGaAlP}$ で構成したので、外部への光り取出し効率が向上すると共に、素子全面でのより均一な発光が可能となり、従来技術に比較し、より一層の高輝度化が実現される。これにより、 $\text{GaAlAs}$ 赤色LED( $\sim 3 \text{ cd}$ )や、 $\text{InGaAlP}$ 橙・黄色LED( $3 \sim 5 \text{ cd}$ )と同等の高輝度化が実現でき、緑～赤色の可視光領域で視認性の改善された表示用光源を提供できる。

【0038】第2の発明によれば、電流ブロック層は、活性層で発光する光に対して反射構造となるように構成したので、電流ブロック層での光吸収を改善でき、光取出し効率が向上する。これにより、より高輝度の発光素子を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例に係る半導体発光素子のチップ断面図である。

50 【図2】前記第1実施例の効果を示す図である。

【図3】本発明の第2実施例に係る半導体発光素子のチップ断面図である。

【図4】従来の半導体発光素子のチップ断面図である。

【図5】従来の課題を説明するための図である。

【符号の説明】

1, 21 基板

\* 4, 27 電流ブロック層

5, 24, 26 クラッド層

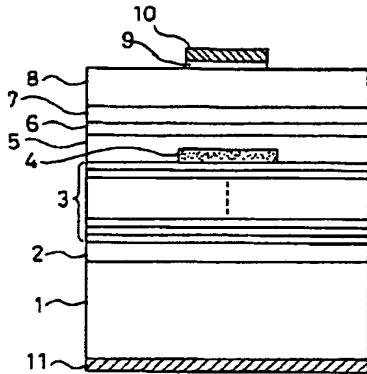
6, 7, 25 活性層活性層

8, 28 電流拡散層

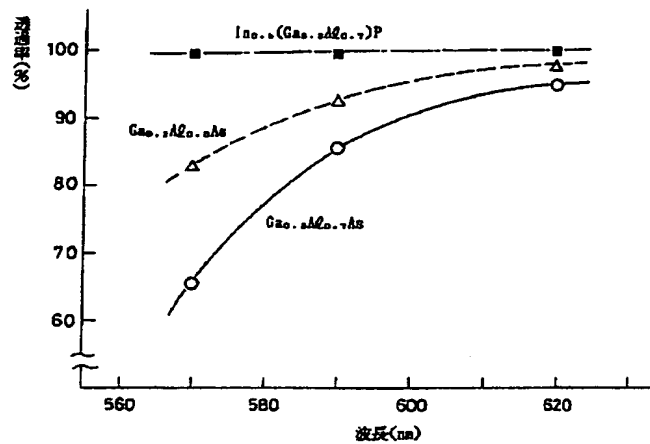
10, 31 n側電極

\* 11, 30 p側電極

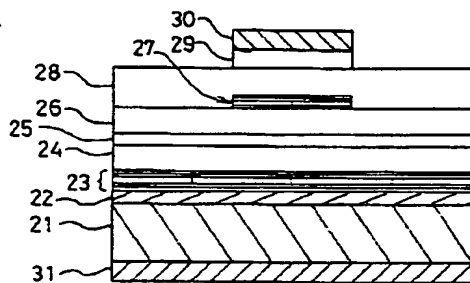
【図1】



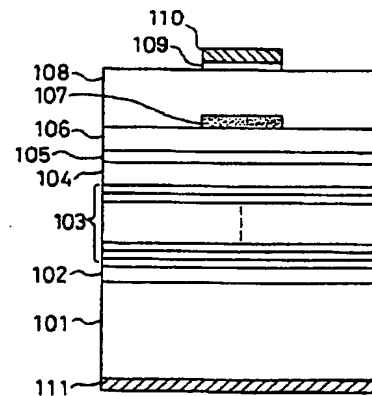
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

